

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-026977
 (43)Date of publication of application : 25.01.2002

(51)Int.Cl. H04L 12/56
 H04L 12/28

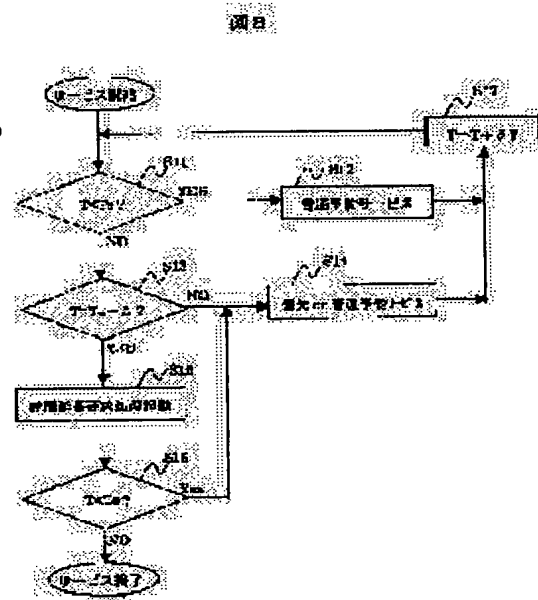
(21)Application number : 2000-203072 (71)Applicant : HITACHI LTD
 (22)Date of filing : 30.06.2000 (72)Inventor : SAWADA AKIYOSHI
 INOUE HIROAKI

(54) BAND DISTRIBUTION SERVICE METHOD IN DATA COMMUNICATION SYSTEM AND COMMUNICATION UNIT FOR PERFORMING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a novel band distribution service method in a data communication system, which can effectively utilize reserved bands by eliminating waste and to provide a communication unit to perform the method.

SOLUTION: The communication service includes a priority reservation service where a service start time, a service end time and a communication band are applied in advance and a usual reservation service where a communication data quantity is applied. The priority reservation service reserves a band for a period when the reservation is applied until the reservation is finished, and the usual reservation type service uses a period not in use in the period for the band reserved by the reservation of the priority reservation type service.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-26977

(P2002-26977A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データ* (参考)
H 0 4 L	12/56	H 0 4 L 11/20	1 0 2 C 5 K 0 3 0
	12/28	11/00	3 1 0 D 5 K 0 3 3
		11/20	1 0 2 E

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-203072(P2000-203072)

(22) 出願日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 佐和田 明美

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 井上 宏明

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

Fターム(参考) 5K030 GA19 HA08 KA05 LC09 LD18

LE05 LE17 MA04 MB09

5K033 AA01 AA04 CB06 DB12

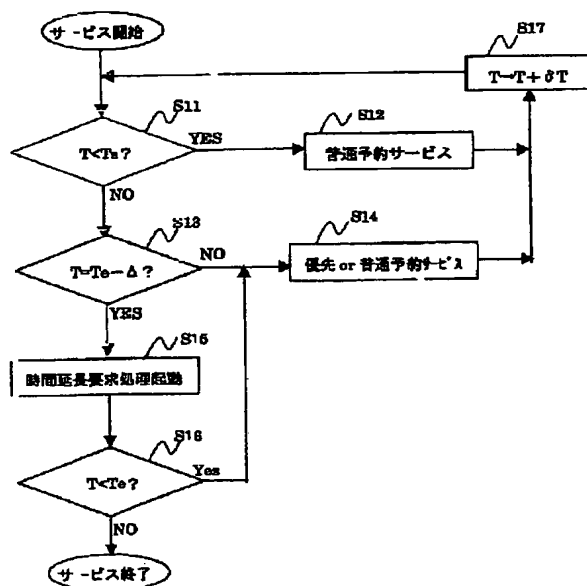
(54) 【発明の名称】 データ通信システムにおける帯域配信サービス方法及びそれを実行するための通信装置

(57) 【要約】

【課題】 予め確保した帯域を無駄を排除して有効利用する、データ通信システムにおける新規の帯域配信サービス方法及びそれを実行するための通信装置を提供する。

【解決手段】 通信サービスとして、サービス開始時刻とサービス終了時刻及び通信帯域を予め申告する優先予約型サービスと通信データ量を申告する普通予約型サービスとを備え、優先予約型サービスにおいては予約を申告した時点から予約終了時点までの期間に対して帯域を確保し、普通予約型サービスにおいては優先予約サービスの予約によって確保された帯域の期間の内の未使用の期間をサービスに充当する。

図 8



【特許請求の範囲】

【請求項1】 データ通信システムにおいて実施する通信サービスとして、サービス開始時刻とサービス終了時刻及び通信帯域を予め申告する優先予約型サービスと通信データ量を申告する普通予約型サービスとを備え、優先予約型サービスにおいては予約を申告した時点から予約終了時点までの期間に対して帯域を確保し、普通予約型サービスにおいては優先予約サービスの予約によって確保された帯域の期間の内の未使用の期間をサービスに充当することを特徴とする帯域配信サービス方法。

【請求項2】 前記優先予約型サービスに対して、予め申告する通信帯域をサービス開始時刻からサービス終了時刻に亘って占有するサービスに比べてサービス料金を低く設定することを特徴とする請求項1に記載の帯域配信サービス方法。

【請求項3】 前記優先予約型サービスにおいて、サービスの終了時刻の前に優先予約サービスの時間延長の要求がある場合、予め申告したサービス終了時点でコネクションを解放せずに引き続き帯域を確保してサービスを継続することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の帯域配信サービス方式。

【請求項4】 データ通信システムにおいて実施する通信サービスとして、サービス開始時刻とサービス終了時刻及び通信帯域を予め申告する優先予約型サービスと通信データ量を申告する普通予約型サービスとが備えられ、優先予約型サービスにおいては予約を申告した時点から予約終了時点までの期間に対して帯域を確保し、普通予約型サービスにおいては優先予約サービスの予約によって確保された帯域の期間の内の未使用の期間をサービスに充当する通信サービスを実行するための通信制御部を具備し、当該通信制御部は、優先予約型サービスの申告値及び普通予約型サービスの申告値を格納する予約テーブルと、当該予約テーブルを生成する帯域予約部と、予約テーブルの内容に基づいて優先予約型サービス及び普通予約型サービスのスケジューリングを行なうパケットスケジューラ部と、当該パケットスケジューラ部によって生成されるコネクション設定のためのスケジューリングテーブルとを有していることを特徴とする通信装置。

【請求項5】 データ通信システムにおいて実施する通信サービスとして、サービス開始時刻とサービス終了時刻及び通信帯域を予め申告する優先予約型サービスと通信データ量を申告する普通予約型サービスとを備え、優先予約型サービスにおいては予約を申告した時点から予約終了時点までの期間に対して帯域を確保し、普通予約型サービスにおいては優先予約サービスの予約によって確保された帯域の期間の内の未使用の期間をサービスに充当する通信サービスをコンピュータによって実行するための通信制御プログラムを記録した記録媒体であって、当該通信制御プログラムは、上記コンピュータに優

先予約型サービスの申告値及び普通予約型サービスの申告値を格納した予約テーブルを生成する帯域予約部と、コネクション設定のためのスケジューリングテーブルを上記予約テーブルの内容に基づいて生成するパケットスケジューラ部とを形成させて上記優先予約型サービス及び普通予約型サービスを実行させることを特徴とする通信制御プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大容量のデータ通信システムに適用して好適な通信サービス方法、特に、送受信端末間に設定される通信路への帯域配信サービス方法及びそれを実行するための通信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】インターネット網は、大容量のデータ通信網として発展しつつあり、それに伴い、通信の伝送品質を保証する技術開発の要求が高まっている。そのような開発成果の例として、送受信間のコネクション（接続）を確立し、データの伝送のための帯域を予め確保するQOS（Quality Of Service）保証型通信技術が国際勧告として提案されている（文献1：IETF（Internet Engineering Task Force）発行「Resource Reservation Protocol（RSVP）IETF RFC2205」（1997年9月）参照）。

【0003】上記技術による通信方式は、通信を行なう直前に予約によってパス（通信路）を確立し、同時に帯域を確保する手順を前提としている。そのため、（1）帯域確保のために時間を要し、それによってデータの伝送に遅延が生じる、（2）予約時点で通信路が混雑している確保可能な帯域が不足する場合には、送受信間（End-to-end）のコネクションが必ずしも確保されとは限らないという問題があった。

【0004】このような問題を解決する手段として、指定時刻に指定量の帯域を使用する旨の予約をユーザから事前に受けるようにした帯域保証方法が提案されている（文献2：特開平6-30021号公報参照）。しかし、この方法では、帯域確保のタイミングがサービスを行なう直前に行なわれるため、必ずしも上記問題（2）が解決されない。そこで、この問題を踏まえて、予約要求が発生した時点で帯域確保を行なう通信方式が提案されている（文献3：特開平10-173662号公報参照）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記文献3で提案されたシステムでは、帯域確保が完了してからデータが伝送されて実際にサービスを開始するまでの間は、帯域が未使用状態のままとなり、帯域の無駄使いが生じる。また事前予約の性質上、ユーザが予約を行なっても実際に帯域を使用しないという状況も起こり得るので、この場合にも帯域が無駄使いとなる。

【0006】本発明の目的は、予め確保した帯域を無駄を排除して有効利用する、データ通信システムにおける新規の帯域配信サービス方法及びそれを実行するための通信装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の前記課題は、通信サービスとして、サービス開始時刻とサービス終了時刻及び通信帯域を予め申告する優先予約型サービスと通信データ量を申告する普通予約型サービスとを備え、優先予約型サービスにおいては予約を申告した時点から予約終了時点までの期間に対して帯域を確保し、普通予約型サービスにおいては優先予約サービスの予約によって確保された帯域の期間の内の未使用の期間をサービスに充当することによって効果的に解決することが可能である。そのような帯域配信サービス方法を採用すれば、未使用状態の帯域が普通予約型サービスによって使用されるので、帯域利用の無駄がなくなり、かつ、優先予約型サービスに対しては要求される伝送品質が確保されるからである。

【0008】上記の優先予約型サービスは、通信開始以前に帯域確保が行なわれる通信サービスとなり、普通予約型サービスは、通信サービスの予約は受け付けるがネットワーク（網）の資源が利用可能なときにサービスを受けることが可能となる通信サービスとなる。このような通信サービスの特徴を纏めて図1に示す。優先予約型サービスの申告値は、図1に示すように、宛先アドレスに加えて、通信帯域の値、開始時刻及び終了時刻であり、普通予約型サービスの申告値は、宛先アドレス及び伝送するデータの大きさ即ちデータ量（バイト値）である。

【0009】優先予約の申告値に基づいて帯域が確保されると、その時点で、後で述べるノードにおいて、図2に示すような優先予約テーブルが例として形成される。ここで、Trは、優先予約型サービスの帯域確保が成立した時刻、Tsは実際にサービスが開始される時刻、Teはサービスが終了する時刻、出力IFはバスの出力先番号を示す。

【0010】なお、本発明の優先予約型サービスは、普通予約型サービスを優先予約型サービスの帯域の未使用期間をサービスに充当するようにしたものであるが、優先予約型サービスにおいて、この割り込みのサービスを行なわず帯域を占有するか否かをユーザに選択させても良い。この場合、割り込みを否とする即ち帯域を占有するサービスは、前記文献3による従来のサービスに相当し、帯域の有効利用がなされない。即ち、本発明の優先予約型サービスは、帯域の有効利用が可能となる分、サービス料金を従来のサービスに比べて低くすることが可能となる。

【0011】普通予約型も、申告に基づいて普通予約テーブルがバスに形成される。その例を図3に示す。宛先

アドレス、データ量のほか、サービス状況が記録される。普通予約は、任意に受け付けるが、未使用又は空きの帯域があるときに伝送が行なわれ、それまではサービスは行なわれず、サービス状況が未になる。そして、サービス料金がデータ量を基に課せられる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る帯域配信サービス方法及び通信装置を図面に示した発明の実施の形態を参照して更に詳細に説明する本発明を実施するためのデータ通信システムネットワークの例を図4に示す。ネットワークは、送受信を行なう通信端末10-1と通信端末10-2の間に複数の通信装置即ちノード12-1～12-4とこれらを互いに接続する複数の伝送路12-1～12-6により構成され、バス（通信路）が例えば点線に示すように形成され、コネクションが設定される。

【0013】ノード12の構成例を図5に示す。図5において、21-1、21-2は、伝走路13からのデータ（パケット）を入力する入力インタフェース、23は、入力インタフェース21-1、21-2からの出力データを受ける入力バッファ、24は、入力バッファ23からのデータに対して交換を行なうスイッチ部、25-1、25-2は、スイッチ部24の出力データを伝走路13に送出する出力インタフェース、11は、入力バッファ23を管理する通信制御部である。入力バッファ23は、伝送するデータを一旦記憶するキュー26a、26b、26cを有する。

【0014】このような構成のノード12は、宛先のノードへ向けてのコネクションを設定する機能を有し、ルータ／ATM（Asynchronous Transfer Mode）システム／WDM（Wavelength Division Multiple）システム等で構成される。なお、本発明の実施の形態では、通信制御部11をノード12の内部に配置したが、これをノード12の外部に配置し、外付けサーバとしての機能を持たせることが可能である。

【0015】通信制御部11は、コネクションを設定すると共に帯域予約に関する設定を行なうユニットであり、その構成を図6に示す。図6において、18は、予約の申告値の登録に関する制御を行なう帯域予約部、17は、予約の申告値を記憶する予約テーブル、19は、ルーティング（通信路設定）の情報を生成するルーティングプロセス部、14は、新規に通信路の設定が可能な判定を行なう受付判定部、16は、帯域予約部18からの情報を受けて優先予約及び普通予約の伝送するデータ（パケット）のスケジューリング（時間管理）を行なうパケットスケジューラ部、15は、伝送するデータを一時記憶するキュー（記憶ユニット）に対する管理情報を記録するスケジューリングテーブル、30は、以上の各部に帯域配信サービスの動作を行なわせるための、記憶装置20に格納した通信制御プログラムである。

【0016】帯域予約部18は、図2、3に示した宛先アドレスに対応する出力IF番号、予約サービス、申告値を予約テーブル17に格納し、優先予約及び普通予約の申告に基づき随時予約テーブル17を更新する。更に、帯域予約部18は、優先予約の申告を受けて、ルーティングプロセス部19のルーティング情報及び受付判定部14の判定を用いて帯域確保を行なう。受付判定部14の判定に基づき新規の優先予約が開始されると、帯域予約部18は、予約テーブル17の更新を行なうと共に優先予約番号に基づきパケットスケジューラ部16へ予約テーブル17の内容を通知する。また、普通予約が要求された場合は、その時点で帯域予約部18は、図3に対応する普通予約の予約テーブル17の更新を行ない、パケットスケジューラ部16へその内容を随時通知する。

【0017】パケットスケジューラ部16は、予約テーブル17の内容に基づき、対応するキュー26のスケジューリングを行なう機能と、各優先予約宛先と同一宛先の普通予約を検索する機能を有する。これらの機能により作成されるキュー26のスケジューリングテーブル15の一形態を図7に示す。即ち、スケジューリングテーブル15は、優先予約に関わる第1のキュー管理テーブル15aと、各優先予約に対してこれと同一宛先を有する普通予約に関わる第2のキュー管理テーブル群15bより構成される。第1のキュー管理テーブル15aには、出力IF、予約番号、宛先、帯域、キュー番号等が記録される。また、第2のキュー管理テーブル群15bでは、宛先毎に、予約番号、帯域、キュー番号、使用時間等が記録される。なお、使用時間は、パケットスケジューラ部16が、第2のキュー管理テーブル群の作成に当たり、普通予約のデータ量及び優先予約の出力帯域値を基に予め推定した普通予約に要する時間である。更に、パケットスケジューラ部16は、スケジューリングテーブル15に基づき時間判定を行なう機能と優先予約及び普通予約の伝送するデータを送出/停止する機能及び特定のキューのデータ流量を監視する機能を有する。

【0018】以上のように、本発明の帯域配信サービス方法の特徴は、特に、パケットスケジューラ部16の動作による処理にあり、以下に図8から図11を用いて処理の詳細を説明する。なお、上記したように、伝送する優先予約データ及び普通予約データはキュー26にそれぞれ格納され、キュー番号が図7に示すスケジューリングテーブル15に記録される。以下で説明する処理のフローは、予約サービスに対応する予約番号、出力IF、キュー番号、帯域値等をスケジューリングテーブル15から読み出し、その値を基に実施される。

【0019】図8は、本発明に基づく帯域配信サービスのフローを示している。任意の時刻Tにおいて、その時刻が優先予約型サービスの開始時刻以前であるかを判断(ステップ11)し、開始時刻前($T < T_s$)であるな

らば普通予約型サービスを行なう(ステップ12)。開始時刻以降($T \geq T_s$)であるならば、優先予約又は普通予約サービスを行なう(ステップ14)。このとき、優先予約サービスを延長するための手続きを実行するのに十分な、予め設定しておく時間を Δ (但し、 $\Delta < T_e - T_s$)として、 $T = T_e - \Delta$ に到達した場合には(ステップ13)、時間延長要求処理を起動する(ステップ15)。なお、時間延長処理は、帯域予約部18及び受付判定部14の処理に関わるものであり、本サービスフローと独立に処理を行なう。以上の処理をサービス終了時刻($T = T_e$)に到達する(ステップ16)まで δT (実行可能な最小処理時間)ずつ繰り返し行なう(ステップ17)。

【0020】ステップ12の帯域予約以降サービス開始前の期間($T_r \leq T < T_s$)の処理の詳細を図9に示す。この期間は、優先予約帯域が確保されているが、実際には使用されていない時間であるため、パケットスケジューラ部16は、優先予約に対応する普通予約サービスの検索を行なう(ステップ121)。普通予約が複数存在する場合、予め設定した方法で一意に普通予約を選択し、サービスを開始する(ステップ122)。即ち、サービスが行なわれている優先予約番号に基づき、図7に示すスケジューリングテーブル15から対応する普通予約を検索し、そのデータを出力させる。ここで、上記の予め設定した方法は、普通予約の受付時間順、データ量の多い順等のいずれの方法であっても構わない。なお、普通予約サービスを開始した場合は、出力時間に基づいてデータ出力を行なう。また、該普通予約の出力時間が設定値に到達した場合には普通予約を終了し、帯域予約部18へ通知する。帯域予約部18は、対応する普通予約のサービスを終了する。以上の処理を $T < T_s$ の間行なう。

【0021】次に、図8のステップ14のサービス開始時刻以降($T \geq T_s$)の処理の詳細を図10に示す。パケットスケジューラ部16は、優先予約データが格納されているキュー26の監視を行ない、優先予約データが到着している間(ステップ141)は優先予約データの送出行なわせる(ステップ142)。優先予約データが到着せずかつ該優先予約に対応する普通予約が存在する場合(ステップ143)には普通予約データの送出行なわせる(ステップ144)。

【0022】続いて、図8のステップ15の優先予約通信終了時刻直前以降から通信終了時刻($T = T_e - \Delta$)に到達した時点での優先予約時間延長のためのプロセスを図11に示す。優先予約通信終了時間からコネクション継続使用判定が可能となる十分な時間 Δ に来到、受付判定部14は、対応する優先予約のサービスが行なわれているかを判定し(ステップ151)、サービス中であれば、対応する予約番号を検索し帯域予約部18へ優先予約継続の要求有無の問い合わせを行なう。継続のた

めの時間取得が可能であると受付判定部14が判断した場合には、帯域予約部18は、その延長時間を基に優先予約を行なっているユーザへ優先予約の継続を行なうかの確認を、可能な延長時間と共に取る(ステップ153)。ユーザからの返信が延長を行なう旨(ステップ154)であれば、予約テーブル17の優先予約時間 T_e の値を更新する(ステップ155)。以上のステップを行なうことにより、予約した通信時間よりも実際の通信時間をユーザが延長したいと望む場合には、接続の終了前に帯域確保を試みることによって、時間延長可能なサービスを提供することができる。

【0023】図8から図11に示したフローに基づいて記述したシステムの動作を、時間軸に沿って概念的に示したものが図12である。図12aは、申告値に基づいて優先予約の帯域値が時刻 T_r から T_e までの間確保されていることを示している。同一宛先の普通予約が存在する場合には、帯域を確保してから実際に優先予約のサービスが開始される時間帯 $t_1 (=T_s - T_r)$ において、前述のように図7に示すスケジューリングテーブル15を基に同一宛先の普通予約を検索し、テーブルに書かれている帯域値及び使用時間を元に図12bに示す普通予約のサービスを行なう。実際に優先予約のデータが到着している期間が時刻 T_1 から時刻 T_2 の間即ち $T_1 < T < T_2$ (但し、 $T_1 > T_s$ 、 $T_2 < T_e$) であるときの普通予約用のサービスが図12cに示すように提供される。即ち、優先予約通信が開始される予定時刻 T_s において優先予約サービスのデータが到着していないため、時刻 T_s 以後においても実際に優先予約データが到着する時刻 T_1 までの時間帯 $t_2 (=T_1 - T_s)$ を普通予約の通信サービスに用いる。また、実際のサービス終了時刻 T_e よりも以前に優先予約のデータの到着がないと判断した場合($T = T_2$)には、 $t_3 (=T_e - T_2)$ の時間帯に再び普通予約のサービスを提供する。以上をもって、本発明に基づく帯域配信サービスが実施される。

【0024】以上、本発明の実施の形態では、個々のユーザの予約要求に基づいて処理を行なうサービスシステムを説明したが、複数のユーザデータを集合して同一のラベル(宛先)で次ノードへ転送する場合でも、本サービスシステムを適用することができる。

【0025】なお、本発明の原理を簡潔に述べるため、パケットスケジューラ部16の動作について説明した。パケットスケジューラ部16を含む通信制御部11は、本発明の帯域配信サービスを採用したルーティング処理を実行し、図4に示したネットワークにおける通信を実現する。通信制御部11は、コンピュータ(CPU)又はシステムLSIとメモリ等の既存デバイスと図6に示した通信制御プログラム20とを用いて容易に構成可能である。該通信制御プログラムは、コンピュータに作用

して、図6に示すパケットスケジューラ部16等の各部をコンピュータに形成させる。

【0026】

【発明の効果】本発明によれば、優先予約申告で帯域を確保してから実際にサービスが行なわれるまでの間、普通予約の通信を行なうことができるので、無駄を排除して帯域を有効利用する帯域配信サービス及び通信装置を実現することができる。即ち、帯域確保後の実際のサービスが行なわれる待ち時間の間の通信網の資源を該優先予約よりも優先度の低い他の予約のチャネルに利用することが可能となるので、例えば、今後に増大する大容量のコンテンツ配信において、閑散時に回線を共用するようにした従来のベストエフォート型サービスに比較して確実にかつ料金が安価な通信サービスを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による優先予約型サービス及び普通予約型サービスの例を説明するための図。

【図2】優先予約テーブルの例を説明するための図。

【図3】普通予約テーブルの例を説明するための図。

【図4】本発明の優先予約型サービス及び普通予約型サービスを実行するデータ通信システムネットワークの例を説明するための構成図。

【図5】図4のデータ通信システムネットワークを構成する通信装置(ノード)の例を説明するための構成図。

【図6】図5の通信装置を構成する通信制御部の例を説明するための構成図。

【図7】図6の通信制御部で形成されるスケジューリングテーブルの例を説明するための図。

【図8】本発明による帯域配信サービスを説明するためのフロー図。

【図9】帯域予約以降サービス開始前の帯域配信サービスの例を説明するためのフロー図。

【図10】サービス開始以降の帯域配信サービスの例を説明するためのフロー図。

【図11】優先予約時間延長の帯域配信サービスの例を説明するためのフロー図。

【図12】本発明の優先予約及び普通予約サービスの概念を説明するための図。

【符号の説明】

10…通信端末、11…通信制御部、12…ノード、14…受付判定部、15…スケジューリングテーブル、16…パケットスケジューラ部、17…予約テーブル、18…帯域予約部、19…ルーティングプロセス部、20…記憶装置、21…入力インタフェース部、23…入力バッファ部、24…スイッチ部、25…出力インタフェース部、26…キュー、30…通信制御プログラム。

【図1】

図1

サービス種類	料金	サービス定義
優先予約型	高	予約要求時刻より帯域確保し通信する
普通予約型	低	優先予約の未使用帯域を利用し通信する

サービス種類	予約時の平均値
優先予約型	宛先IPアドレス、通信帯域、開始時刻、終了時刻
普通予約型	宛先IPアドレス、データ量

【図2】

図2

予約番号	宛先IPアドレス	出力IP	帯域値	T _r	T _b	T _e
#A0	#a	#S2	1.5Mbit/s	0209 13:41	0209 14:00	0209 15:00
#B0	#b	#2	64kb/s	0208 14:30	0209 08:00	0210 17:00
#C0	#c	#1	10Mbit/s	0210 15:00	0211 0:00	0310 0:00
.....

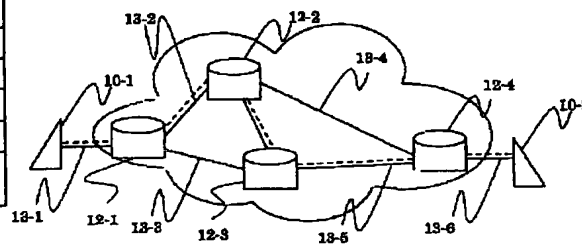
【図3】

図3

予約番号	宛先IPアドレス	データ量	予約状況
#A11	#a	1.5Gbits	未
#A21	#a	150Mbits	未
#A31	#a	100Mbits	未
#A41	#a	50Mbits	未
.....

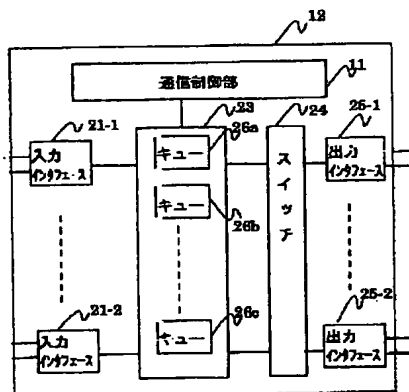
【図4】

図4



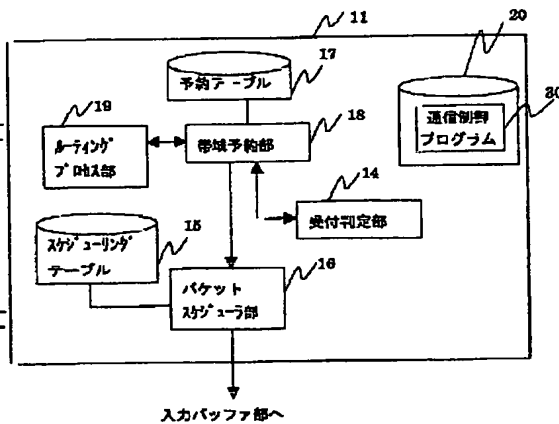
【図5】

図5

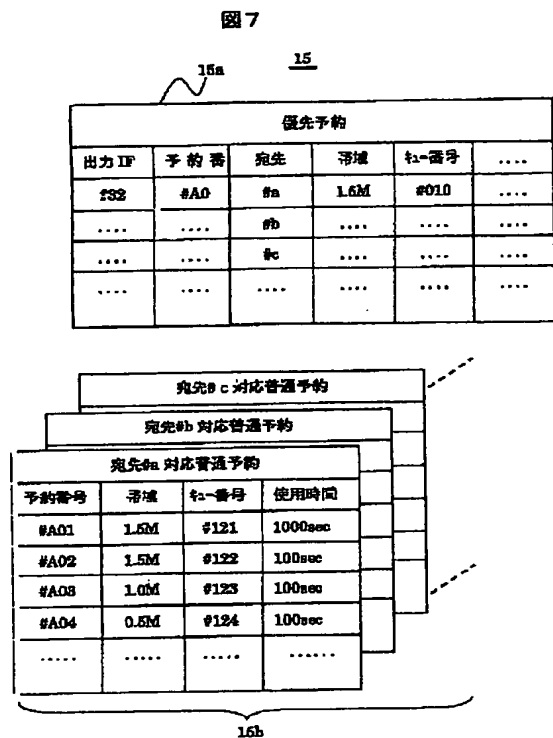


【図6】

図6

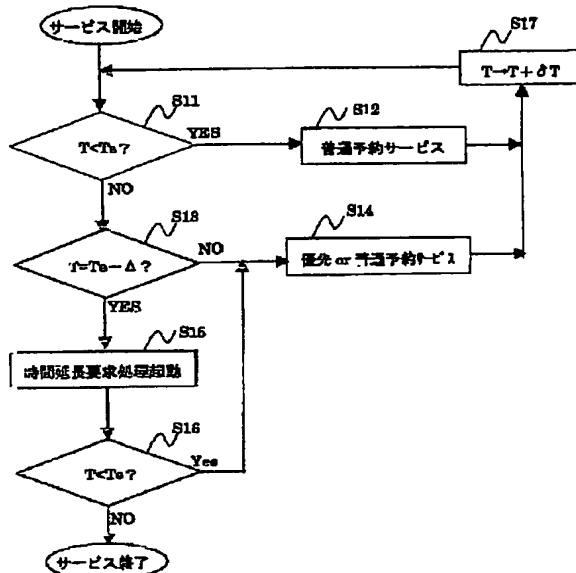


【図7】



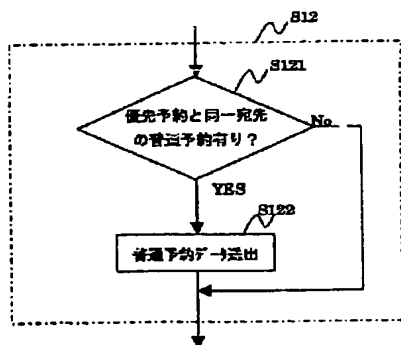
【図8】

図8



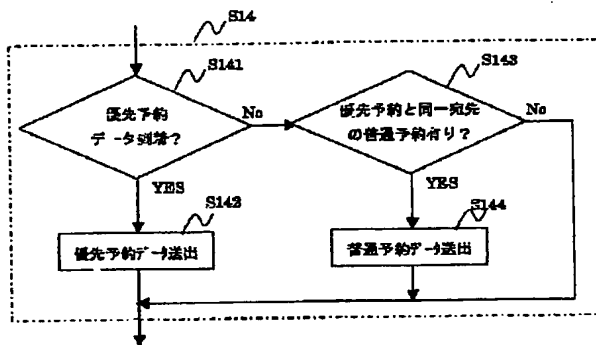
【図9】

図9

 $T_s \leq T < T_e$ 

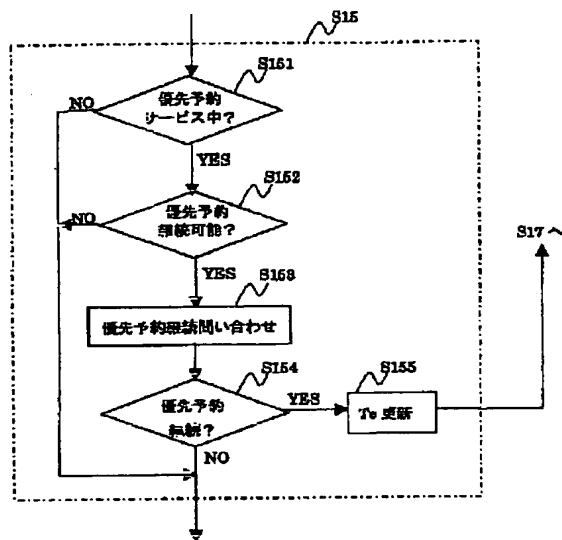
【図10】

図10

 $T_s \leq T < T_e$ 

【図11】

図11



【図12】

図12

